

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-051193

(43)Date of publication of application : 23.02.2001

(51)Int.Cl.

G02B 13/24

G02B 13/22

G03F 7/20

H01L 21/027

(21)Application number : 2000-155213

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 25.05.2000

(72)Inventor : SHIGEMATSU KOJI

(30)Priority

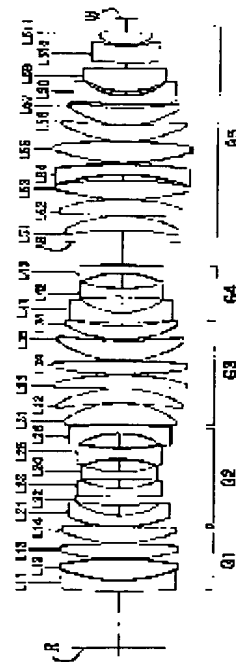
Priority number : 11156995 Priority date : 03.06.1999 Priority country : JP

## (54) PROJECTION OPTICAL SYSTEM PROJECTION EXPOSING DEVICE PROVIDED WITH THE SYSTEM AND MANUFACTURE OF DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a compact double telecentric projection optical system or the like of high performance capable of reducing the impairing of the focusing performance caused by the absorption of an used glass material, and properly correcting the aberration, in particular, distortion, while ensuring the sufficiently large numerical aperture and the wide exposure zone.

**SOLUTION:** This projecting system for projecting a pattern of a first object to a second object has a positive first lens group G1, a negative second lens group G2, a positive third lens group G3, a negative fourth lens group G4 and a positive fifth lens group G5 comprising at least two sheets of negative lens components, successively arranged from a first object side, the fifth lens groups satisfies  $\Phi/\Phi_{\text{exp}} \leq 3.5$  by two lens faces, and includes a first lens component L59 or the like made of a first material satisfying  $n \leq 1.57$ , a projection optical system totally satisfies  $\Phi/\Phi_{\text{exp}} > 3.5$  by two lens faces, and includes a second lens component L34 made of a second material satisfying  $n > 1.57$  ( $\Phi$  indicates an effective diameter,  $n$  is a refraction factor, and  $\Phi_{\text{exp}}$  is a diameter of an exposure one at a second object side).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-51193

(P2001-51193A)

(43)公開日 平成13年2月23日(2001.2.23)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テ-マコ-ト\*(参考)

G 0 2 B 13/24

G 0 2 B 13/24

2 H 0 8 7

13/22

13/22

5 F 0 4 6

G 0 3 F 7/20

5 2 1

G 0 3 F 7/20

5 2 1

H 0 1 L 21/027

H 0 1 L 21/30

5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 21 頁)

(21)出願番号 特願2000-155213(P2000-155213)

(22)出願日 平成12年5月25日(2000.5.25)

(31)優先権主張番号 特願平11-156995

(32)優先日 平成11年6月3日(1999.6.3)

(33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 重松 幸二

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74)代理人 100077919

弁理士 井上 義雄 (外1名)

Fターム(参考) 2H087 KA21 NA02 PA15 PA17 PB20

QA02 QA06 QA17 QA21 QA25

QA32 QA42 QA45 RA32

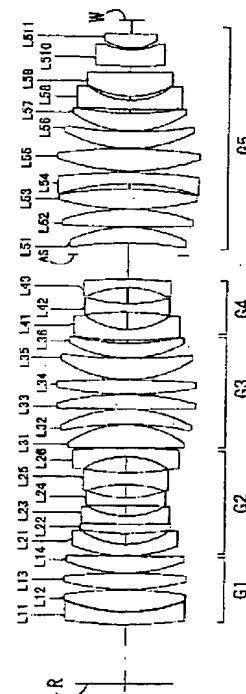
5F046 BA03 CB12 CB25 DA12

(54)【発明の名称】 投影光学系及びそれを備えた投影露光装置並びにデバイス製造方法

(57)【要約】

【課題】両側テレセントリックであり、使用する硝材の吸収による結像性能の低下を低減し、十分大きな開口数と広い露光領域とを確保しつつ、諸収差、特にディストーションを極めて良好に補正したコンパクトで高性能な投影光学系等を提供すること。

【解決手段】 第1物体のパターンを第2物体上に投影する投影光学系において、第1物体側から順に、正第1レンズ群G1と、負第2レンズ群G2と、正第3レンズ群G3と、負第4レンズ群G4と、少なくとも2枚の負レンズ成分を備える正第5レンズ群G5とを有し、前記第5レンズ群は、 $\Phi/\Phi_{exp} \leq 3.5$ を2つのレンズ面が満足し、かつ $n \leq 1.57$ を満足する第1の材料で構成された第1レンズ成分L59等を含み、前記投影光学系全系は、 $\Phi/\Phi_{exp} > 3.5$ を2つのレンズ面が満足し、かつ $n > 1.57$ を満足する第2の材料で構成された第2レンズ成分L34を含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1物体のパターンを第2物体上に投影する投影光学系において、

第1物体側から順に、

正の屈折力を有する第1レンズ群と、

負の屈折力を有する第2レンズ群と、

正の屈折力を有する第3レンズ群と、

負の屈折力を有する第4レンズ群と、

少なくとも2枚の負レンズ成分を備え、かつ正の屈折力を有する第5レンズ群と、を有し、

前記第5レンズ群は、

$$\Phi/\Phi_{\text{exp}} \leq 3.5$$

の条件を2つのレンズ面が満足し、かつ

$$n \leq 1.57$$

を満足する第1の材料で構成された少なくとも1つの第1レンズ成分を含み、前記投影光学系全系は、

$$\Phi/\Phi_{\text{exp}} > 3.5$$

の条件を2つのレンズ面が満足し、かつ

$$n > 1.57$$

を満足する第2の材料で構成された少なくとも1つの第2レンズ成分を含み、両側テレセントリックであることを特徴とする投影光学系。但し、

$\Phi$ ：有効径、

$n$ ：屈折率

$\Phi_{\text{exp}}$ ：第2物体側の露光領域径、である。

【請求項2】 前記第5レンズ群中の前記第1レンズ成分の光軸に沿った厚みの総和を $t5'$ とし、前記第5レンズ群を構成する全てのレンズ成分の光軸に沿った厚みの総和を $t5$ とそれぞれするとき、

$$t5'/t5 \geq 0.2$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1記載の投影光学系。

【請求項3】 前記第1レンズ群の焦点距離を $f1$ とし、前記第2レンズ群の焦点距離を $f2$ とし、前記第3レンズ群の焦点距離を $f3$ とし、前記第4レンズ群の焦点距離を $f4$ とし、前記第5レンズ群の焦点距離を $f5$ とし、前記第1物体から前記第2物体までの距離を $L$ とすると、以下の条件式のうち少なくとも1つの条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2に記載の投影光学系

$$0.04 < f1/L < 0.4$$

$$0.015 < f2/L < 0.15$$

$$0.02 < f3/L < 0.2$$

$$0.015 < f4/L < 0.15$$

$$0.03 < f5/L < 0.3$$

【請求項4】 前記第5レンズ群に含まれる少なくとも1つの前記負レンズ成分の最大有効径を $\Phi5n$ とし、前記第5レンズ群に含まれる複数のレンズ群の有効径のうちの最大有効径を $\Phi5max$ とすると、

$$\Phi5n/\Phi5max \geq 0.7$$

を満足することを特徴とする請求項1乃至3の何れか一項に記載の投影光学系。

【請求項5】 前記投影光学系の焦点距離を $F$ とし、前記第1物体から前記第2物体までの距離を $L$ とすると、

$$F/L \geq 0.6$$

を満足することを特徴とする請求項1乃至4の何れか一項記載の投影光学系。

【請求項6】 前記第1物体としてのマスクを保持する第1ステージと、

前記マスクを照明する照明光学系と、

前記第2物体としての基板を保持する第2ステージと、

前記照明光学系により照明された前記マスクのパターンの像を前記基板上に投影露光するための請求項1乃至5の何れか一項に記載の投影光学系とを備えることを特徴とする投影露光装置。

【請求項7】 前記第2物体としての基板上に感光材料を塗布する工程と、

前記基板上に請求項1乃至5の何れか一項に記載の投影光学系を介して前記第1物体としてのマスクのパターンの像を投影する工程と、

前記基板上の前記感光材料を現像する工程と、

該現像後の感光材料をマスクとして前記基板上に所定の回路パターンを形成する工程とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項8】 マスク上に設けられたパターンをワーク上へ転写する方法において、

前記マスクを所定波長を用いて照明する工程；及び照明された前記マスクの縮小像を、所定の開口数の光束を用いてワーク上の所定フィールド内に一括して形成する工程；を含み、

前記所定フィールドは少なくとも $25 \times 33 \text{ mm}$ の矩形フィールドを包含し、前記所定の開口数の最大値は、前記ワーク側において0.5以上であることを特徴とする投影露光方法。

【請求項9】 前記照明する工程は、照明瞳に所定分布の2次光源を形成する補助工程を含み、該補助工程における前記所定分布は、前記照明瞳上の領域であって光軸を含む瞳中心領域での光強度が該瞳中心領域の周囲の領域よりも小さく設定されることを特徴とする請求項8記載の投影露光方法。

【請求項10】 前記補助工程における前記所定分布は、実質的に輪帯形状であることを特徴とする請求項9記載の投影露光方法。

【請求項11】 前記輪帯形状の光強度分布の外径に対する内径の比率は、0.3～0.7の範囲に設定されることを特徴とする請求項10記載の投影露光方法。

【請求項12】 前記照明瞳上の光強度分布は実質的に光量ロスなく形成されることを特徴とする請求項9乃至11の何れか一項に記載の投影露光方法。

【請求項13】 マスク上に設けられたパターンの像をワーク上へ投影する投影露光装置において、所定波長の露光光をマスクに対して照明する照明光学系；及び前記マスクと前記ワークとの間の光路中に配置されて、照明された前記マスクの縮小像を、所定の開口数の光束を用いてワーク上の所定フィールド内に一括して形成する投影光学系；を含み、前記投影光学系は複数の光学素子を含み、該複数の光学素子の形状及び位置は、前記所定フィールドが少なくとも $25 \times 33 \text{ mm}$ の矩形フィールドを包含し、かつ前記所定の開口数の最大値が前記ワーク側において0.5以上であるように定められることを特徴とする投影露光装置。

【請求項14】 前記照明光学系は、前記投影光学系の瞳と共役な照明瞳に所定分布の2次光源を形成し、前記照明瞳上の前記所定分布は、前記照明瞳上の領域であって光軸を含む瞳中心領域での光強度が該瞳中心領域の周囲の領域よりも小さく設定されることを特徴とする請求項13に記載の投影露光装置。

【請求項15】 前記照明光学系が形成する前記照明瞳上の前記所定分布は実質的に輪帯形状であることを特徴とする請求項13に記載の投影露光装置。

【請求項16】 前記輪帯形状の光強度分布の外径に対する内径の比率は、0.3～0.7の範囲に設定されることを特徴とする請求項15に記載の投影露光装置。

【請求項17】 前記照明瞳上の光強度分布は実質的に光量ロスなく形成されることを特徴とする請求項14乃至16の何れか一項に記載の投影露光装置。

【請求項18】 走査型投影露光装置を用いてワーク上の矩形のパターン転写領域に第1パターンを転写する工程；及び請求項13乃至17の何れか一項に記載の一括露光型投影露光装置を用いて前記矩形のパターン転写領域に第2パターンを転写する工程；を含み、前記一括型投影露光装置は、前記矩形のパターン転写領域と相似形状であって前記矩形のパターン転写領域のほぼ整数倍の面積を有する露光領域を有することを特徴とするフォトリソグラフィ方法。

【請求項19】 ワーク上の矩形のパターン転写領域に第1パターンを転写する走査型投影露光装置；及び請求項13乃至17の何れか一項に記載の前記矩形のパターン転写領域に第2パターンを転写する一括露光型投影露光装置；を含み、前記一括型投影露光装置は、前記矩形のパターン転写領域と相似形状であって前記矩形のパターン転写領域のほぼ整数倍の面積を有する露光領域を有することを特徴とする露光システム。

【請求項20】 所定波長の露光光に基づいてマスク上に設けられたパターンの縮小像をワーク上へ投影する投影光学系において、前記露光光を通過させる複数の光学素子を含み、

該複数の光学素子の形状及び位置は、少なくとも直径4.2mmのイメージサークル内で実質的に無収差であり、かつ前記ワーク側の開口数の最大値が0.5以上であるように定められることを特徴とする投影光学系。

【請求項21】 前記複数の光学素子は、直線上に延びた1本の光軸に沿って配置されることを特徴とする請求項20に記載の投影光学系。

【請求項22】 前記投影光学系の前記複数の光学素子の形状及び位置は、前記マスク側及び前記ワーク側の両側がテレセントリックとなるように定められることを特徴とする請求項20又は21に記載の投影光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、第1物体のパターンの像を第2物体上に投影するための投影光学系と、この投影光学系を備え、半導体素子、又は液晶表示素子等を製造するためのリソグラフィ工程中でマスクパターンを基板上に転写する際に好適な投影露光装置、及び該投影露光装置を用いたデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子等を製造する際に、マスクとしてのレチクルのパターンの像を投影光学系を介して、フォトレジストが塗布されたウエハ（又はガラスプレート等）上に転写するステッパー等の一括露光型、又はステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光型の投影露光装置が使用されている。そして、半導体集積回路等のパターンの微細化が進むに従って、これら投影露光装置に備えられている投影光学系に対し要求される性能もますます厳しくなっており、特に、解像力の向上が望まれている。投影光学系の解像力を向上させるには、露光波長をより短くするか、又は開口数（N.A.）を大きくすることが考えられる。

【0003】上記投影露光装置では、露光光として水銀ランプのg線（436nm）から、i線（365nm）が主に用いられるようになってきており、さらに最近ではより短波長へ移行してきている。このため、短波長の露光光のもとで利用できる投影光学系が開発されている。

【0004】また、投影光学系においては、解像力の向上と共に、像歪の低減要求も一段と厳しくなっている。ここで、像歪とは、投影光学系に起因するディストーション（歪曲収差）によるものの他、投影光学系の像側で焼き付けられるウエハの反り等によるものと、投影光学系の物体側で回路パターン等が描かれているレチクルの反りによるものがある。

【0005】近年、ますます転写パターンの微細化が進み、像歪の低減要求も一段と厳しくなっている。そこで、ウエハの反りによる像歪への影響を少なくするためには、投影光学系の像側での射出瞳位置を遠くに位置

させる、所謂像側テレセントリック光学系が従来より用いられてきた。

【0006】一方、レチクルの反りによる像歪の軽減についても、投影光学系の入射瞳位置を物体面から遠くに位置させる、所謂物体側テレセントリック光学系にすることが考えられ、またそのように投影光学系の入射瞳位置を物体面から比較的遠くに位置させる提案がなされている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】解像力を向上させるために、短波長の露光光になると投影光学系を構成する硝材の透過率低下が問題となり、高透過率を確保するために使用できる硝材も限られたものになってきている。さらに、透過率の低下は光量の損失になるばかりでなく、損失した光の一部は硝材に吸収され、熱エネルギーに変わることによってレンズ成分内部の屈折率の変化又はレンズ面の変形を生じ、結果的に結像性能の低下、特に露光中に収差が変動する要因となっている。なお、露光中の収差変動は、露光が終了しレンズ成分内の熱エネルギーが消失すれば、即ち加熱していたレンズが冷えれば無くなる可逆的な現象である。

【0008】本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、両側テレセントリックであり、使用する硝材の吸収による結像性能の低下を低減し、十分大きな開口数と広い露光領域とを確保しつつ、諸収差、特にディストーションを極めて良好に補正したコンパクトで高性能な投影光学系等を提供することを目的としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明は、第1物体のパターンを第2物体上に投影する投影光学系において、第1物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群と、少なくとも2枚の負レンズ成分を備え、かつ正の屈折力を有する第5レンズ群と、を有している。

【0010】第1レンズ群はテレセントリック性を維持しながら、主にディストーションの補正に寄与しており、第2レンズ群、及び第4レンズ群は、主にベッツバル和の補正に寄与し、像面の平坦化を達成する機能を有している。また、第3レンズ群は第1レンズ群と共に正のディストーションを発生させ、第2、第4、第5レンズ群で発生する負のディストーションを補正する役割を担っている。さらに、第3レンズ群と第2レンズ群とは、第2物体側から見ると、正・負の屈折力配置を有する望遠系を構成しており、これにより、投影光学系全系の長大化を防ぐ機能を有している。また、第5レンズ群は、第2物体側での高開口数化に十分対応するために、特に球面収差の発生を極力避けた状態で、ディストーションの発生を抑え、第2物体上に光束を導き、結像させる役割を担

っている。

【0011】また、本発明は以下の条件式(1)、(2)、(3)、(4)を満足することが望ましい。

前記第5レンズ群は、

$$(1) \quad \Phi/\Phi_{\text{exp}} \leq 3.5$$

の条件を2つのレンズ面が満足し、かつ

$$(2) \quad n \leq 1.57$$

を満足する第1の材料で構成された少なくとも1つの第1レンズ成分を含み、前記投影光学系全系は、

$$(3) \quad \Phi/\Phi_{\text{exp}} > 3.5$$

の条件を2つのレンズ面が満足し、かつ

$$(4) \quad n > 1.57$$

を満足する第2の材料で構成された少なくとも1つの第2レンズ成分を含み、両側テレセントリックであることが望ましい。

【0012】ここで、 $\Phi$ は有効径、 $n$ は屈折率、 $\Phi_{\text{exp}}$ は第2物体側の露光領域径をそれぞれ示している。また、有効径とは、実用的に収差補正されている最大露光領域から最大N.A.の光束を逆追跡した時のマージナル光線の光軸からの距離を2倍にした値を言う。さらに、露光領域とは、矩形露光領域の対角線の長さを直径とする円で定義される領域、換言すると矩形露光領域を内接又は内側に含む円で定義される領域をいう。さらに、露光領域径とは、上記円形露光領域の直径をいう。

【0013】硝材（光学硝子）は、一般的に低屈折率の硝材ほど、短波長領域での透過率が高い。また、条件式

(1)を満足するレンズ成分は、露光光のエネルギー密度が高いレンズ成分であると言える。このため、露光光のエネルギー密度が高いレンズ成分は、より高い透過率を確保するため、条件式(2)を満たす屈折率を有する硝材を使用する。かかる構成により、透過率の低下によって生じる結像性能の低下が抑制できる。

【0014】条件式(1)を満足する露光光のエネルギー密度が高いレンズ成分に、条件式(2)の上限値を超える屈折率を有する硝材を使用することは、透過率の低下によって生じる結像性能の低下を招き好ましくない。

【0015】また、本発明では、前記投影光学系全系は、

$$(3) \quad \Phi/\Phi_{\text{exp}} > 3.5$$

の条件を2つのレンズ面が満足し、かつ

$$(4) \quad n > 1.57$$

を満足する第2の材料で構成された少なくとも1つの第2レンズ成分を含むことが望ましい。

【0016】条件式(3)を満足する露光光のエネルギー密度が比較的低いレンズ成分に、条件式(4)を満足するレンズ成分を1枚以上有する構成により、投影光学系全系において屈折力を向上している。これにより、良好な収差補正が可能となり、コンパクトな光学系を得ることができる。逆に、条件式(3)を満足する露光光のエネルギー密度が比較的低いレンズ成分に、条件式

(4)を満足するレンズ成分を全く有さない場合は、投影光学系全系において屈折力を上げることができなくなり、投影光学系の長大化を招くため好ましくない。

【0017】また、本発明は、前記第5レンズ群中の前記第1のレンズ成分の光軸に沿った厚みの総和を $t5'$ とし、前記第5レンズ群を構成する全てのレンズ成分の光軸に沿った厚みの総和を $t5$ とそれぞれするとき、

$$(5) \quad t5' / t5 \geq 0.2$$

の条件を満足することが望ましい。

【0018】条件式(5)は、第2物体上に光束を導き、結像させる役割を担っている第5レンズ群の硝材の厚みの総和に対し、比較的露光光のエネルギー密度が高いため透過率を上げるために使用する硝材の厚みの総和の割合を規定している。条件式(5)を満足することで、透過率の低下によって生じる結像性能の低下を抑制できる。条件式(5)の上限値を上回ると、透過率の低下によって生じる結像性能の低下を招き好ましくない。

【0019】また、本発明は、第1レンズ群の焦点距離を $f1$ とし、第2レンズ群の焦点距離を $f2$ とし、第3レンズ群の焦点距離を $f3$ とし、第4レンズ群の焦点距離を $f4$ とし、第5レンズ群の焦点距離を $f5$ とし、第1物体から第2物体までの距離を $L$ としたとき、以下の条件を満足すること、好ましくは(6)～(10)の全ての条件を同時に満足することが望ましい。

$$(6) \quad 0.04 < f1/L < 0.4$$

$$(7) \quad 0.015 < -f2/L < 0.15$$

$$(8) \quad 0.02 < f3/L < 0.2$$

$$(9) \quad 0.015 < -f4/L < 0.15$$

$$(10) \quad 0.03 < f5/L < 0.3$$

条件式(6)は、第1レンズ群の最適な屈折力の範囲を規定している。条件式(6)の上限値を上回ると、第1レンズ群で発生する正のディストーションが、第2、第4及び第5レンズ群で発生する負のディストーションを補正しきれなくなるため好ましくない。逆に、条件式

(6)の下限値を下回ると、高次の正のディストーションが発生する要因となるため好ましくない。

【0020】条件式(7)は、第2レンズ群の最適な屈折力の範囲を規定している。条件式(7)の上限値を上回ると、ベッツパールの和の補正が不十分となり、像面の平坦化の達成が困難となるため好ましくない。逆に、条件式(7)の下限値を下回ると、負のディストーションの発生が大きくなり、第1、第3レンズ群だけでは、この大きな負のディストーションの良好な補正が困難となるため好ましくない。

【0021】条件式(8)は、第3レンズ群の最適な屈折力の範囲を規定している。条件式(8)の上限値を上回ると、第2レンズ群と第3レンズ群とで形成する望遠系の望遠比(telephoto ratio)が大きくなり、投影光学系の長大化を招くと共に、第3レンズ群で発生する正のディストーションの発生量が小さくなり、第2、第4及び

第5レンズ群で発生する負のディストーションを良好に補正できなくなるため好ましくない。逆に、条件式

(8)の下限値を下回ると、高次の球面収差が発生し良好な結像性能を第2物体上で得ることができなくなるため好ましくない。

【0022】条件式(9)は、第4レンズ群の最適な屈折力の範囲を規定している。条件式(9)の上限値を上回ると、ベッツパールの和の補正が不十分となり、像面の平坦化の低下を招くため好ましくない。逆に、条件式(9)の下限値を下回ると、高次の球面収差やコマ収差の発生する要因となるため好ましくない。

【0023】条件式(10)は、第5レンズ群の最適な屈折力の範囲を規定している。条件式(10)の上限値を上回ると、第5レンズ群全体の屈折力が弱くなり過ぎ、結果的に投影光学系の長大化を招くため好ましくない。逆に、条件式(10)の下限値を下回ると、高次の球面収差の発生し、第2物体上の像のコントラストの低下を招くため好ましくない。

【0024】また、本発明は、前記第5レンズ群に含まれる少なくとも1枚の負レンズ成分は、前記第5レンズ群に含まれる負レンズ成分の最大有効径を $\Phi 5n$ 、前記第5レンズ群に含まれるレンズ成分の最大有効径を $\Phi 5max$ とそれぞれしたとき、

$$(11) \quad \Phi 5n / \Phi 5max \geq 0.7$$

の条件式を満足することが望ましい。

【0025】第5レンズ群に含まれる少なくとも1枚の負レンズ成分の有効径が条件式(11)を満たすことで、第5レンズ群で発生する負の球面収差を効果的に補正し、第2物体上に高コントラストな像を結像できる。一方、第5レンズ群に含まれる少なくとも1枚の負レンズ成分の有効径が条件式(11)の下限値を下回ると、第5レンズ群で発生する負の球面収差を補正できなくなり、第2物体上の像のコントラストの低下を招くため好ましくない。

【0026】また、本発明では、以下の条件式(12)を満足することが望ましい。

$$(12) \quad F/L \geq 0.6$$

ここで、 $F$ は投影光学系の焦点距離、 $L$ は第1物体から第2物体までの距離をそれぞれ示している。条件式(12)は両側テレセントリックにするための条件を規定している。条件式(12)を満足することで、レチクルやウエハに反りがあってもディストーションの発生しない光学系が達成できる。

【0027】また、本発明は、前記第1物体としてのマスクを保持する第1ステージと、前記マスクを照明する照明光学系と、前記第2物体としての基板を保持する第2ステージと、前記照明光学系により照明された前記マスクのパターンの像を前記基板上に投影露光するための請求項1又は2に記載の投影光学系とを備えることを特徴とする投影露光装置を提供する。

【0028】本発明による投影光学系は大きい開口数で両側テレセントリックにできるため、高い解像度が得られると共に、マスクや基板の反りが生じて投影倍率が変化しない。また、広い露光領域が得られるため、大きなチップパターンを一度に露光できる。さらにエネルギー密度の高いレンズに、低屈折率で透過率の高い硝材を使用することで、硝材の吸収によって生じる結像性能の低下を抑えた、高い結像性能が達成できる。

【0029】また、本発明は、前記第2物体としての基板上に感光材料を塗布する工程と、前記基板上に請求項1又は2に記載の投影光学系を介して前記第1物体としてのマスクのパターンの像を投影する工程と、前記基板上の前記感光材料を現像する工程と、該現像後の感光材料をマスクとして前記基板上に所定の回路パターンを形成する工程とを有することを特徴とするデバイス製造方法を提供する。本発明の投影露光装置を使用することで、基板上に高い解像度でデバイス用の回路パターンを形成できる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の各実施例にかかる投影光学系を備えた投影露光装置の全体構成を概略的に示す図である。なお、図1において、投影光学系を構成する投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を、光軸AXに垂直な面内において図1の紙面に平行にX軸を、紙面に垂直にY軸を設定している。また、投影光学系PLの物体面には所定の回路パターンが形成された投影原版としてレチクルRが配置され、投影光学系PLの像面には、基板としてのフォトリソが塗布されたウエハWが配置されている。

【0031】光源Lから射出された光は、照明光学系ISを介して、所定のパターンが形成されたレチクルRを均一に照明する。光源Lから照明光学系ISまでの光路には、必要に応じて光路を変更するための1つ又は複数の折り曲げミラーが配置される。

【0032】また、照明光学系ISは、例えば露光光の照度分布を均一化するためのフライアイレンズや内面反射型インテグレートからなり所定のサイズ・形状の面光源を形成するオプティカルインテグレートや、レチクルR上での照明領域のサイズ・形状を規定するための可変視野絞り（レチクルブラインド）、この視野絞りの像をレチクル上へ投影する視野絞り結像光学系などの光学系を有する。なお、光源Lから視野絞りまでの光学系として、例えば米国特許第5,345,292号に開示された照明光学系を適用することができる。

【0033】レチクルRは、レチクルホルダRHを介して、レチクルステージRS上においてXY平面に平行に保持されている。レチクルRには転写すべきパターンが形成されており、パターン領域全体が照明光学系ISからの光で照明される。レチクルステージRSは、図示を

省略した駆動系の作用により、レチクル面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はレチクル移動鏡M1を用いた干渉計IF1によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0034】レチクルRに形成されたパターンからの光は、投影光学系PLを介して、感光性基板であるウエハW上にマスクパターン像を形成する。投影光学系PLは、その瞳位置近傍に口径が可変の開口絞りASを有すると共に、レチクルR側及びウエハW側において、実質的にテレセントリックとなっている。

【0035】ウエハWは、ウエハホルダWHを介して、ウエハステージWS上においてXY平面に平行に保持されている。そして、レチクルR上での照明領域と実質的に相似形状の露光領域にパターン像が形成される。

【0036】ウエハステージWSは、図示を省略した駆動系の作用によりウエハ面（すなわちXY平面）に沿って二次元的に移動可能であり、その位置座標はウエハ移動鏡M2を用いた干渉計IF2によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

【0037】図示無きアライメント系、上述の駆動系及び干渉計（IF1、IF2）を用いてレチクルR及びウエハWの位置合わせを行い、図示無きオートフォーカス／オートレベリング系を用いてウエハWを投影光学系の結像面に位置決めした後に、レチクルRのパターン領域に露光光を照射することにより、ウエハW上の1つの露光領域（ショット領域）にレチクルRのパターンが転写される。その後、駆動系及び干渉計（IF2）を用いてウエハをXY平面内で移動させ、上記露光領域とは異なるウエハW上の領域にレチクルRのパターンを転写する。

【0038】（第1実施例）図2は、第1実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。第1物体としてのレチクルR（物体面）から順に、少なくとも1枚の負レンズ成分L11を有し、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、少なくとも2枚の負レンズ成分L54、L58を有し、正の屈折力を有する第5レンズ群G5とを有している。そして、レチクルR（物体面）側及び第2物体としてのウエハW（像面）側の両方でテレセントリックとなっている。

【0039】また、図2の投影光学系の前記第5レンズ群において、レンズ成分L59、L510、L511が条件式（1）及び（2）を満足している。これにより、露光光のエネルギー密度が高いレンズ成分において、より高い透過率を確保しており、これによって透過率の低下によって生じる結像性能の低下を抑えることができる。

【0040】また、条件式（3）、（4）を満足するレンズ成分L34を少なくとも1枚以上有している。これにより、露光光のエネルギー密度が比較的低いレンズ成分

において、より高い屈折率を確保しており、良好な収差補正が可能となり、コンパクトな光学系を実現している。

【0041】また、第5レンズ群G5において、条件式(1)、(2)を満足するレンズ成分L59、L510、L511は条件式(5)を満足している。これにより、露光光のエネルギー密度が高いレンズにおいて、より高い透過率を確保しており、透過率の低下によって生じる結像性能の低下を抑えることができる。

【0042】また、第1～5レンズ群G1～5の各レンズ群の焦点距離が、条件式(6)～(10)を満足している。従って、両側テレセントリックとしながらも、十分大きな開口数と広い露光領域とを確保しつつ、諸収差、特にディストーションを極めて良好に補正し得るコンパクトで高性能な投影光学系を実現できる。さらに好ましくは、条件式(6)～(10)を全て同時に満足することが望ましい。

【0043】また、第5レンズ群G5の少なくとも1枚の負レンズL54は条件式(11)を満足している。これにより、第5レンズ群G5で発生する負の球面収差を効果的に補正し、第2物体上Wに高コントラストな結像が実現できる。

【0044】第1実施例にかかる投影光学系の諸元値を表1に掲げる。表1において、D0はレチクルR（第1物体）から第1レンズ群G1の最もレチクルR側のレンズ面までの光軸上の距離、WDは第5レンズ群G5の最もウエハW（第2物体）側のレンズ面からウエハWまでの光軸上の距離（作動距離）、 $\beta$ は投影光学系の投影倍率、N.A.は投影光学系のウエハW側の開口数、 $\Phi_{exp}$ は投影光学系のウエハW面における円形の露光領域（投影領域）の直径、Lは物像間（レチクルRとウエハWとの間）の光軸上の距離をそれぞれ示している。また、レンズデータにおいて、番号はレチクルR（第1物体）側からのレンズ面の順序、rは該当レンズ面の曲率半径、dは該当レンズ面から次のレンズ面までの光軸上の間隔、nはi線（ $\lambda=365.015\text{nm}$ ）における硝材屈折率、 $\Phi$ は該当レンズ面の有効径をそれぞれ示している。なお、以下全ての実施例の諸元値において、本実施例と同様の符号を用いる。各実施例の諸元値における曲率半径r、光軸上間隔d、有効径 $\Phi$ の単位の一例としてmmを用いることができる。

【0045】

【表1】

D0=109.413

WD=26.848

$\beta=-0.250$

N.A.=0.520

$\Phi_{exp}=42.000$

L=1250.000

F=939.165

(レンズデータ)

番号	r	d	n	$\Phi$	
1	791.172	22.500	1.61265	198.4	L11
2	273.340	2.002	1.00000	200.7	
3	281.205	39.197	1.46393	201.8	L12
4	-573.625	1.000	1.00000	203.6	
5	408.697	29.644	1.46393	205.2	L13
6	-1006.144	1.000	1.00000	203.9	
7	256.563	31.008	1.61548	197.0	L14
8	353422.707	1.000	1.00000	191.6	
9	229.781	22.000	1.61548	176.5	L21
10	126.728	20.093	1.00000	152.2	
11	427.536	16.970	1.61548	151.6	L22
12	2267.800	1.000	1.00000	146.8	
13	1593.511	15.000	1.46393	145.9	L23
14	132.558	19.701	1.00000	131.6	
15	-2800.719	15.000	1.46393	131.3	L24
16	175.474	23.961	1.00000	128.5	
17	-206.113	21.550	1.46393	128.8	L25
18	448.714	30.024	1.00000	142.2	
19	-125.627	15.558	1.61265	143.6	L26
20	-1175.913	1.021	1.00000	176.8	
21	-30644.154	43.644	1.46393	183.9	L31
22	-162.388	1.000	1.00000	194.9	
23	-485.437	28.225	1.61548	211.7	L32
24	-224.099	1.000	1.00000	219.0	
25	-52602.941	27.218	1.61548	230.0	L33
26	-430.357	1.000	1.00000	232.6	
27	590.071	26.973	1.61548	233.5	L34
28	-1690.697	1.000	1.00000	232.0	
29	193.801	40.140	1.61548	220.0	L35
30	947.195	1.011	1.00000	211.8	
31	195.275	27.215	1.46393	191.4	L36
32	415.942	4.998	1.00000	179.0	
33	630.902	20.876	1.61548	176.9	L41
34	117.985	32.235	1.00000	142.1	
35	-413.023	16.361	1.61265	140.7	L42
36	225.000	31.048	1.00000	133.8	
37	-142.680	15.191	1.61265	134.0	L43
38	-1025.728	46.006	1.00000	146.1	
39	$\infty$ (平面)	23.378	1.00000	172.1	AS
40	-572.302	29.649	1.46393	185.4	L51
41	-211.448	1.002	1.00000	194.4	
42	2551.876	32.925	1.46393	214.4	L52
43	-322.186	1.000	1.00000	219.7	
44	455.025	37.078	1.61548	231.9	L53
45	-625.089	10.526	1.00000	232.0	
46	-346.114	21.000	1.61265	231.7	L54
47	-892.299	3.534	1.00000	236.1	
48	340.241	42.451	1.46393	237.7	L55
49	-739.127	1.000	1.00000	235.4	



50	223.537	31.457	1.46393	217.7	L56
51	687.322	1.000	1.00000	210.3	
52	161.128	34.948	1.46393	190.4	L57
53	539.668	7.139	1.00000	179.0	
54	2184.705	17.000	1.61265	176.9	L58
55	114.581	7.667	1.00000	143.9	
56	143.093	44.064	1.46393	143.3	L59
57	$\infty$ (平面)	11.847	1.00000	127.8	
58	907.505	30.940	1.47458	114.6	L510
59	106.724	3.066	1.00000	88.8	
60	77.523	26.699	1.46393	85.3	L511
61	1684.716			74.2	

(条件式対応値)

$$t5' = 101.703$$

$$t5 = 348.210$$

$$f1 = 208.285$$

$$f2 = -51.068$$

$$f3 = 102.936$$

$$f4 = -69.563$$

$$f5 = 152.375$$

$$L = 1250.000$$

$$\Phi 5n = 236.1$$

$$\Phi 5max = 237.7$$

$$(1) \Phi / \Phi_{exp} = 3.41(L59), 2.73(L510), 2.03(L511)$$

$$(2) n = 1.46363(L59), 1.47458(L510), 1.46363(L511)$$

1)

$$(3) \Phi / \Phi_{exp} = 5.56(\Phi : L34 \text{ の No. 27 面})$$

$$(4) n = 1.61548$$

$$(5) t5' / t5 = 0.292(t5' = L59 + L510 + L511, t5 = L51 + L52 + \dots + L511)$$

$$(6) f1/L = 0.167$$

$$(7) -f2/L = 0.041$$

$$(8) f3/L = 0.082$$

$$(9) -f4/L = 0.056$$

$$(10) f5/L = 0.122$$

$$(11) \Phi 5n / \Phi 5max = 0.98(\Phi 5n : L54 \text{ の No. 46 面}, \Phi 5max : L55 \text{ の No. 48 面})$$

$$(12) F/L = 0.751$$

【0046】図3は本実施例の投影光学系の縦収差、図4はその子午方向（タンジェンシャル方向）及び球欠方向（サジタル方向）における横収差（コマ収差）をそれぞれ示している。各収差図において、N.A.は投影光学系のウエハW側の開口数、YはウエハW側の像高を示しており、非点収差図中において、点線は子午像面（タンジェンシャル像面）、実線は球欠像面（サジタル像面）をそれぞれ示している。なお、以下全ての実施例の諸収差図において本実施例と同様の符号を用いる。諸収差図より明らかなように、本実施例の投影光学系は、使用する硝材の吸収による結像性能の低下を抑えた上、両側テレセントリックであるにもかかわらず広い露光領域の全て

において、特にディストーションが良好に補正されていると共に、他の収差もバランス良く補正されていることがわかる。

【0047】（第2実施例）図5は、第2実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。第1物体としてのレチクルR（物体面）から順に、少なくとも1枚の負レンズ成分L11を含み、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、少なくとも2枚の負レンズ成分L54、L58を有し、正の屈折力を有する第5レンズ群G5とを有している。そして、レチクルR（物体面）側及び第2物体としてのウエハW（像面）側の両方でテレセントリックとなっている。

【0048】また、レンズ成分L59、L510、L511が、条件式（1）、（2）を満足するように構成されている。これにより、露光光のエネルギー密度が高いレンズ成分において、より高い透過率を確保しており、透過率の低下によって生じる結像性能の低下を抑えることができる。

【0049】また、条件式（3）、（4）を満足するレンズ成分L34を少なくとも1枚以上有するように構成されている。これにより、露光光のエネルギー密度が比較的低いレンズ成分において、より高い屈折率を確保しており、良好な収差補正が可能となり、コンパクトな光学系を実現している。

【0050】また、レンズ成分L59、L510、L511は条件式（5）を満足するように構成されている。これにより、露光光のエネルギー密度が高いレンズ成分において、より高い透過率を確保しており、透過率の低下によって生じる結像性能の低下を抑えることができる。

【0051】また、第1～5レンズ群G1～5において、各レンズ群の焦点距離が、条件式（6）～（10）を満足するように構成されている。これにより、両側テレセントリックとしながらも、十分大きな開口数と広い露光領域とを確保しつつ、諸収差、特にディストーションを極めて良好に補正し得るコンパクトで高性能な投影光学系が実現できている。

【0052】また、第5レンズ群G5において、少なくとも1枚の負レンズ成分L54は、条件式（11）を満足するように構成されている。従って、第5レンズ群G5で発生する負の球面収差を効果的に補正し、第2物体上に高コントラストな結像が実現できている。

【0053】表2に、第2実施例にかかる投影光学系の諸元値を掲げる。

【0054】

【表2】

$$D0 = 118.644$$

$$WD = 25.189$$

$$\beta = -0.250$$

$$N.A. = 0.520$$

$\Phi_{exp}=42.000$ 

L=1250.000

F=939.108

(レンズデータ)

番号	r	d	n	$\Phi$	
1	941.026	22.500	1.61265	200.6	L11
2	272.099	3.595	1.00000	203.6	
3	284.530	40.119	1.61548	205.8	L12
4	-566.773	1.000	1.00000	206.8	
5	360.087	28.872	1.46393	204.7	L13
6	-1929.907	1.000	1.00000	202.0	
7	238.718	30.104	1.46393	192.3	L14
8	2940.465	1.000	1.00000	186.0	
9	204.278	22.000	1.61548	171.2	L21
10	120.726	17.690	1.00000	147.2	
11	309.472	20.146	1.61548	146.4	L22
12	137.672	20.805	1.00000	132.6	
13	11217.354	18.110	1.46393	132.1	L23
14	177.433	25.429	1.00000	129.2	
15	-208.043	21.550	1.46393	129.8	L24
16	431.365	30.552	1.00000	143.5	
17	-124.350	15.425	1.61265	144.5	L25
18	-1043.973	2.023	1.00000	178.4	
19	-9400.162	44.515	1.46393	187.6	L31
20	-163.499	1.973	1.00000	198.9	
21	-504.731	29.105	1.61548	217.5	L32
22	-228.074	1.000	1.00000	224.8	
23	-43550.511	28.097	1.61548	236.3	L33
24	-429.738	1.000	1.00000	238.9	
25	523.375	28.582	1.61548	239.6	L34
26	-2096.842	1.000	1.00000	237.7	
27	192.750	40.981	1.61548	224.0	L35
28	918.472	2.700	1.00000	215.7	
29	198.092	27.472	1.46393	192.7	L36
30	424.625	5.627	1.00000	179.6	
31	720.205	20.495	1.61548	177.4	L41
32	115.447	32.914	1.00000	141.3	
33	-432.333	16.404	1.61265	139.4	L42
34	225.000	26.952	1.00000	132.3	
35	-147.283	17.480	1.61265	132.3	L43
36	-1349.913	43.313	1.00000	144.1	
37	$\infty$ (平面)	25.663	1.00000	166.6	AS
38	-568.842	31.885	1.46393	181.5	L51
39	-206.204	1.000	1.00000	192.1	
40	1210.297	32.850	1.46393	213.5	L52
41	-360.352	1.000	1.00000	218.1	
42	403.190	37.256	1.61548	229.0	L53
43	-694.368	10.901	1.00000	228.6	
44	-352.861	21.000	1.61265	228.2	L54
45	-1232.232	1.000	1.00000	231.5	

46	372.482	40.567	1.46393	232.5	L55
47	-619.531	1.000	1.00000	230.5	
48	210.349	31.297	1.46393	212.0	L56
49	610.517	1.000	1.00000	204.5	
50	155.645	34.480	1.46393	185.3	L57
51	516.374	7.004	1.00000	173.8	
52	2022.223	17.000	1.61265	171.7	L58
53	111.072	7.677	1.00000	139.2	
54	140.438	42.404	1.46393	138.6	L59
55	$\infty$ (平面)	10.415	1.00000	123.5	
56	1005.087	28.938	1.47458	111.9	L510
57	104.792	2.188	1.00000	87.4	
58	76.550	28.113	1.46393	84.5	L511
59	1934.993			72.3	

(条件式対応値)

t5' = 99.455
t5 = 345.789
f1 = 208.899
f2 = -51.041
f3 = 103.734
f4 = -68.649
f5 = 148.341
L = 1250.000
$\Phi 5n = 231.5$
$\Phi 5max = 232.5$
F = 939.165
(1) $\Phi / \Phi_{exp} = 3.3(L59), 2.66(L510), 2.01(L511)$
(2) $n = 1.46393(L59), 1.47458(L510), 1.46393(L511)$
(3) $\Phi / \Phi_{exp} = 5.70(\Phi : L34 \text{ の } No. 25 \text{ 面})$
(4) $n = 1.61548$
(5) $t5' / t5 = 0.288(t5' = L59 + L510 + L511, t5 = L51 + L52 + \dots + L511)$
(6) $f1/L = 0.167$
(7) $-f2/L = 0.041$
(8) $f3/L = 0.083$
(9) $-f4/L = 0.055$
(10) $f5/L = 0.119$
(11) $\Phi 5n / \Phi 5max = 0.98(\Phi 5n : L54 \text{ の } No. 44 \text{ 面}, \Phi 5max : L55 \text{ の } No. 46 \text{ 面})$
(12) $F/L = 0.751$

【0055】図6、図7は、本実施例にかかる投影光学系の諸収差を示す図である。図からも明らかなように、使用する硝材の吸収による結像性能の低下を抑えた上、両側テレセントリックであるにもかかわらず広い露光領域の全てにおいて、特にディストーションが良好に補正されていると共に、他の収差もバランス良く補正されていることがわかる。

【0056】(第3実施例)図8は、第3実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。第1物体と

してのレチクルR（物体面）から順に、少なくとも1枚の負レンズ成分L11を有し、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、少なくとも2枚の負レンズ成分L54、L58を有し、正の屈折力を有する第5レンズ群G5とを有している。そして、レチクルR（物体面）側及び第2物体としてのウエハW（像面）側の両方でテレセントリックとなっている。

【0057】また、第5レンズ群のレンズ成分L59、L510、L511は、条件式（1）、（2）を満足するように構成されている。これにより、露光光のエネルギー密度が高いレンズにおいて、より高い透過率を確保しており、透過率の低下によって生じる結像性能の低下を抑えることができる。

【0058】また、条件式（3）、（4）を満足するレンズ成分L34を少なくとも1枚以上有するように構成されている。これにより、露光光のエネルギー密度が比較的低いレンズにおいて、より高い屈折率を確保しており、良好な収差補正が可能となり、コンパクトな光学系が実現できている。

【0059】また、第5レンズ群G5において、レンズ成分L59、L510、L511は条件式（5）を満足するように構成されている。これにより、露光光のエネルギー密度が高いレンズにおいて、より高い透過率を確保しており、透過率の低下によって生じる結像性能の低下を抑えることができる。

【0060】また、第1～5レンズ群G1～5において、各レンズ群の焦点距離が、条件式（6）～（10）を満足するように構成されている。これにより、両側テレセントリックとしながらも、十分大きな開口数と広い露光領域とを確保しつつ、諸収差、特にディストーションを極めて良好に補正し得るコンパクトで高性能な投影光学系が実現できている。

【0061】また、第5レンズ群G5において、少なくとも1枚の負レンズ成分L54は、条件式（11）を満足するように構成されている。これにより、第5レンズ群G5で発生する負の球面収差を効果的に補正し、第2物体上に高コントラストな結像が実現できている。

【0062】表3に第3実施例にかかる投影光学系の諸元値を掲げる。

【0063】

【表3】

D0=108.671

WD=25.136

$\beta = -0.250$

N.A.=0.520

$\Phi_{exp} = 42.000$

L=1250.000

F=900.281

（レンズデータ）

番号	r	d	n	$\Phi$	
1	2014.189	18.000	1.61265	197.2	L11
2	296.824	5.634	1.00000	201.4	
3	317.104	37.032	1.46393	205.1	L12
4	-628.560	1.000	1.00000	207.6	
5	484.710	28.619	1.61548	211.5	L13
6	-998.956	1.000	1.00000	210.8	
7	283.130	29.908	1.61548	204.8	L14
8	7410.218	1.000	1.00000	199.8	
9	233.039	22.251	1.61265	185.9	L21
10	136.798	20.152	1.00000	163.0	
11	393.096	24.589	1.61548	162.3	L22
12	-774.973	1.000	1.00000	157.5	
13	5200.000	15.000	1.46393	152.8	L23
14	129.927	23.576	1.00000	134.4	
15	-729.461	15.068	1.46393	133.9	L24
16	194.388	36.002	1.00000	130.1	
17	-219.245	15.371	1.46393	132.2	L25
18	385.617	30.884	1.00000	141.6	
19	-123.476	15.000	1.61265	142.6	L26
20	-2462.517	4.749	1.00000	175.6	
21	72079.272	44.358	1.46393	186.3	L31
22	-164.365	1.040	1.00000	197.4	
23	-430.639	26.909	1.61548	213.2	L32
24	-227.560	1.000	1.00000	221.0	
25	-107138.971	28.305	1.61548	233.2	L33
26	-417.327	1.000	1.00000	236.1	
27	318.244	36.396	1.61548	238.2	L34
28	-5130.548	1.252	1.00000	235.0	
29	217.233	34.322	1.61548	219.6	L35
30	800.147	1.027	1.00000	211.3	
31	198.579	25.327	1.46393	191.6	L36
32	365.795	5.187	1.00000	178.9	
33	495.017	16.558	1.61548	176.2	L41
34	123.560	31.738	1.00000	145.7	
35	-408.905	15.466	1.61265	144.7	L42
36	223.379	29.466	1.00000	136.7	
37	-144.209	15.023	1.61265	136.7	L43
38	-1282.715	45.782	1.00000	148.4	
39	$\infty$ （平面）	23.833	1.00000	172.9	AS
40	-648.777	28.616	1.46393	186.8	L51
41	-213.845	1.095	1.00000	194.5	
42	1004.659	37.827	1.46393	215.1	L52
43	-306.465	2.196	1.00000	219.7	
44	546.948	30.975	1.61548	227.6	L53
45	-836.559	13.854	1.00000	227.3	
46	-331.552	18.523	1.61265	227.0	L54
47	-640.300	1.000	1.00000	231.1	
48	253.111	41.066	1.46393	231.7	L55

49	-3935.806	1.000	1.00000	228.2	
50	231.463	26.916	1.46393	214.2	L56
51	463.993	12.973	1.00000	206.1	
52	157.799	34.930	1.46393	183.1	L57
53	616.457	5.379	1.00000	172.0	
54	1269.284	15.127	1.61265	169.1	L58
55	100.172	13.803	1.00000	137.3	
56	104.074	37.360	1.46393	134.4	L59
57	∞ (平面)	16.576	1.00000	125.9	
58	704.105	15.290	1.46393	106.5	L510
59	129.344	5.677	1.00000	90.8	
60	85.802	26.186	1.46393	84.6	L511
61	359.698			70.5	

(条件式対応値)

$$t5' = 78.835$$

$$t5 = 312.816$$

$$f1 = 226.531$$

$$f2 = -53.700$$

$$f3 = 104.222$$

$$f4 = -72.830$$

$$f5 = 153.351$$

$$L = 1250.000$$

$$\Phi 5n = 231.1$$

$$\Phi 5max = 231.7$$

$$(1) \Phi / \Phi_{exp} = 3.2(L59), 2.54(L510), 2.01(L511)$$

$$(2) n = 1.46393(L59), 1.46393(L510), 1.46393(L511)$$

$$(3) \Phi / \Phi_{exp} = 5.67(\Phi : L34 \text{ の No. 27 面})$$

$$(4) n = 1.61548$$

$$(5) t5' / t5 = 0.252(t5' = L59 + L510 + L511, t5 = L51 + L52 + \dots + L511)$$

$$(6) f1/L = 0.181$$

$$(7) -f2/L = 0.043$$

$$(8) f3/L = 0.083$$

$$(9) -f4/L = 0.058$$

$$(10) f5/L = 0.123$$

$$(11) \Phi 5n / \Phi 5max = 0.98(\Phi 5n : L54 \text{ の No. 46 面}, \Phi 5max : L55 \text{ の No. 48 面})$$

$$(12) F/L = 0.751$$

【0064】図9、図10は、本実施例の諸収差を示す図である。図からも明らかなように、使用する硝材の吸収による結像性能の低下を抑えた上、両側テレセントリックであるにもかかわらず広い露光領域の全てにおいて、特にディストーションが良好に補正されていると共に、他の収差もバランス良く補正されていることがわかる。

【0065】なお、上記各実施例では、光源Lとしてi線( $\lambda = 365 \text{ nm}$ )を含む光を供給する超高圧水銀ランプを適用しているが、g線( $\lambda = 436 \text{ nm}$ )やh線( $\lambda = 404 \text{ nm}$ )を含む光を供給する放電ランプや、

深紫外域や真空紫外域の光を供給するレーザ光源を光源Lとして適用できる。光源としてレーザ光源を用いる場合には、光源Lからのレーザ光の光束断面形状を所望のサイズ・形状に整形するための整形光学系や、光量調節部などを照明光学系中に配置する。また、光源Lが投影露光装置本体とは別体に設けられる場合には、光源Lからの光の向きを常に投影露光装置本体側へ向ける自動追尾ユニットを設けることが好ましい。

【0066】また、深紫外域や真空紫外域の露光光を供給する光源を用いるときには、光源Lと照明光学系ISとの間の光路をケーシングで密封し、光源Lから照明光学系IS中の最もレチクル側の光学部材までの空間を、露光光の吸収率が低い気体であるヘリウムガスや窒素などの不活性ガスで置換することが好ましい。このとき、投影光学系を構成する光学部材のうち最もレチクル側に配置された光学部材と最もウエハ側に配置された光学部材との間で投影光学系PLの内部が機密状態を保つように構成し、この投影光学系PLの内部の気体をヘリウムガスや窒素などの不活性ガスで置換することが好ましい。

【0067】また、上記実施形態では、露光領域として直径 $\Phi_{max}$ の円に内接する矩形形状の領域(例えば $26 \text{ mm} \times 33 \text{ mm}$ )を一括露光する場合を示したが、この円に内接する矩形形状の領域をスリット形状にして、レチクルRとウエハWとを移動させつつ走査露光を行うようにしても良い。この場合、レチクルR上のパターン領域全体のうちY方向に沿った長辺とX方向に沿った短辺とを有する矩形形状(スリット状)の領域(照明領域)に対して露光光を供給し、レチクルステージRSとウエハステージWSとを、ひいてはレチクルRとウエハWとを投影光学系PLの倍率に応じた速度比のもとで同期的にX方向へ移動(走査)させることにより、ウエハW上には露光領域の長辺に等しい幅を有しかつウエハWの走査量(移動量)に応じた長さを有する領域(ショット領域)に対してマスクパターンが走査露光される。

【0068】また、上記各実施例では、投影光学系PLを構成する各レンズのレンズ面が全て球面形状としたが、投影光学系PLの開口数をさらに増大させるためと、投影光学系PLの露光領域をさらに増大させるためとの少なくとも一方の目的のために、少なくとも1つのレンズ面を非球面形状にしても良い。

【0069】(第4実施例)図11は、上記各実施例の投影光学系を備える露光装置を用いてウエハ上に所定の回路パターンを形成する半導体デバイス製造方法のフローチャートである。

【0070】ステップ1において、1ロットのウエハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ2において、その1ロットのウエハ上の金属膜状にフォトリソが塗布される。その後、ステップ3において、上記実施例の投影光学系を備えた図1の投影露光装置を用いて、レチクル

R上のパターンの像がその投影光学系を介して、その1ロットのウエハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ4において、1ロットのウエハ上のフォトリソグرافیの現像が行われた後、ステップ5において、1ロットのウエハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、レチクルR上のパターンに対応する回路パターンが、各ウエハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。

【0071】上述したように上記各実施例の投影光学系は、両側テレセントリックであると共に、使用する硝材の吸収による結像性能の低下を抑えた上、開口数N.A.が大きくできるため、レチクルRの反りや露光対象の各ウエハに反りがあっても、各ウエハ上に微細な回路パターンを高い解像度で安定して形成できる。また、投影光学系の露光領域が広いと、大きなデバイスを高いスループットで製造できる。

【0072】また、本発明は、ウエハ上の1つのショット領域へマスクパターン像を一括的に転写した後に、投影光学系の光軸と直交する面内でウエハを逐次二次元的に移動させて次のショット領域にマスクパターン像を一括的に転写する工程を繰り返すステップ・アンド・リピート方式（一括露光方式）や、ウエハの各ショット領域への露光時にマスクとウエハとを投影光学系に対して投影倍率 $\beta$ を速度比として同期走査するステップ・アンド・スキャン方式（走査露光方式）の双方に適用することができる。なお、ステップ・アンド・スキャン方式では、スリット状（細長い矩形状）の露光領域内で良好な結像特性が得られればよいと、投影光学系を大型化することなく、ウエハ上のより広いショット領域に露光を行うことができる。

【0073】（第5実施例）半導体素子等を製造するためのフォトリソグラフィ工程において、縮小投影型露光装置（ステッパー等）が使用されている。一般に、超LSI等の半導体素子は、ウエハ上に多数層のパターンが重ねて形成されるが、それらの層の内、最も高い解像度が必要な層はクリティカルレイヤと呼ばれている。これに対して、例えば半導体メモリ等を製造する際に使用されるイオン注入層のように、高い解像度を必要としない層はミドルレイヤと呼ばれている。

【0074】また、例えば最近の超LSIの製造工場では、製造工程のスループット（単位時間当りのウエハの処理枚数）を高めるため、1種類の超LSIの製造プロセス中で異なる層間の露光を別々の露光装置を使い分けて行うことが多くなって来ている。そこで、クリティカルレイヤとミドルレイヤとの両方を有する超LSIを製造する場合、クリティカルレイヤへの露光は高い解像度を有する投影露光装置で行い、ミドルレイヤへの露光は比較的粗い解像度の投影露光装置で行うという所謂ミッ

クス・アンド・マッチ方式での露光が行われることがある。

【0075】以下、第5実施例として、クリティカルレイヤへの露光に高い解像度を有する走査型投影露光装置（ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置）を用い、ミドルレイヤへの露光に一括露光型投影露光装置（ステッパー）を用いた露光方法について説明する。図12は、本例の露光システムを示し、この図12において、ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置（以下、「走査型露光装置」と呼ぶ）1Aと、一括露光方式の投影露光装置（以下、「ステッパー」と呼ぶ）1Bとが設置されている。本実施例では、走査型露光装置1Aは高解像度、ステッパー1Bは低解像度であり、走査型露光装置1Aを用いて、ウエハ上のクリティカルレイヤへの露光を行い、ステッパー1Bを用いて、ウエハ上のミドルレイヤ（またはラフレイヤ）への露光を行う。

【0076】まず、図12の走査型露光装置1Aにおいて、レチクルRAのパターン領域3Aの一部13Aが照明光学系2Aからの露光光で照明され、その一部のパターン像は、投影光学系4Aを介して1/4倍に縮小されて、ウエハステージ5A上に保持されたウエハW上のスリット状の露光領域14に投影露光される。ここで、図1と同様に、投影光学系4Aの光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面の直交座標系をX軸及びY軸とする。この状態でレチクルRAを-Y方向（又は+Y方向）に走査すると同期して、ウエハWを+Y方向（又は-Y方向）に走査することにより、ウエハW上の露光フィールド6AにレチクルRAのパターン領域2A内のパターン像が逐次投影される。

【0077】走査型露光装置1AのレチクルRAを走査する不図示のレチクルステージの位置は不図示のレーザ干渉計により計測され、ウエハステージ5AのX座標は、移動鏡7A及びレーザ干渉計8Aにより計測され、ウエハステージ5AのY座標は、移動鏡9A及びレーザ干渉計10Aにより計測され、それら計測された座標が図示なき制御装置に供給されている。この制御装置が不図示のレチクルステージ、及びウエハステージ5Aの同期駆動を制御する。

【0078】なお、このような走査型露光装置としては、例えば米国特許第5,194,893号公報、米国特許第5,473,410号公報、米国特許第5,477,304号公報等に開示されているものを用いることができる。本発明ではこれらの米国特許の教示を援用する。

【0079】次に、ステッパー1Bにおいて、レチクルRB上のパターン領域3Bが照明光学系2Bからの露光光により照明され、パターン領域3B内のパターンが投影光学系4Bにより1/4倍に縮小されて、ウエハW上の矩形の露光フィールド6Bに投影露光される。ウエハ

Wはウエハステージ5 B上に保持され、ウエハステージ5 Bは、Z軸方向にウエハWの露光面をベストフォーカス位置に設定するZステージ、並びにX軸及びY軸方向にウエハWを位置決めするXYステージ等から構成されている。ウエハステージ5 B上には直交するように2枚の移動鏡7 B及び9 Bが固定され、外部に設置されたレーザ干渉計8 B及び移動鏡7 Bによりウエハステージ6 BのX方向の座標が計測され、外部に設置されたレーザ干渉計10 B及び移動鏡9 Bによりウエハステージ5 BのY方向の座標が計測されている。レーザ干渉計8 B及び10 Bにより計測された座標は、装置全体の動作を統轄制御する図示なき制御装置に供給され、この制御装置は、不図示の駆動部を介してウエハステージ5 BをX方向及びZ方向にステップ駆動することにより、ウエハWの位置決めを行う。

【0080】さて、図13 Aに示すように、本例の走査型露光装置1 Aの投影光学系4 Aは、直径 $\Phi_{20A}$ の円形イメージフィールド20 Aを有している。そして、スリット状の露光領域14は25 mm×8 mmの大きさであり、円形イメージフィールド20 Aにほぼ内接している。このスリット状の露光領域14がウエハW上において図中X方向に沿って走査(sweep)されるため、ウエハW上には25 mm×33 mmの露光フィールド6 Aが形成されることになる。なお、本例において $\Phi_{20A}=26.4$  mmを採用している。

【0081】また、図13 Bに示すように、本例のステッパー1 Bの投影光学系4 Bは、直径 $\Phi_{20B}$ （上述の実施例における $\Phi_{exp}$ ）の円形イメージフィールド20 Bを有している。そして、ウエハW上に一括露光の際に形成される露光フィールド6 Bは、25 mm×33 mmのサイズである。なお、本例においては、前述の数値実施例の通り、 $\Phi_{20B}=42$  mmを採用している。

【0082】本例におけるステッパー1 Bの構成について図14を参照して説明する。例えばi線の輝線を含む光を供給する超高圧水銀ランプ等からなる光源Lは、楕円鏡11の第1焦点位置に配置されており、光源Lからの光は、光路折り曲げ鏡FL1を経た後に、楕円鏡11の第2焦点位置に集光し、この位置に光源像を形成する。この光源像の近傍には、露光光のON/OFFを行うためのシャッタ13が配置されている。シャッタ13を経た光は、光源像位置近傍に前側焦点が位置決めされたインプットレンズ14を介してほぼ平行光束に変換される。インプットレンズ14からの光束の光路中には、入射面が凹円錐形状を有し且つ射出面が凸円錐形状を有するコマ型プリズム15が配置されており、このコマ型プリズム15を経由した光は、断面が輪帯状の光強度分布を持つ輪帯状光束に変換される。

【0083】このようなコマ型プリズムは例えば米国特許第4,498,742号公報に開示されている。なお、本例では、米国特許第4,498,742号公報に

開示されるコマ型プリズムの入射側と射出側とを逆向きに用いている。本発明は上記米国特許第4,498,742号公報を援用する。コマ型プリズム15からの輪帯状光束は、複数の棒状レンズ素子を2次元マトリックス状に集積して形成されたフライアイレンズ16に入射する。このフライアイレンズ16の射出面近傍には、各々の棒状レンズ素子により集光された光源像の集合体、すなわち面光源（2次光源）が形成される。ここで、フライアイレンズ16への入射光束の断面の光強度分布がほぼ輪帯状であるため、2次光源の形状も輪帯形状となる。

【0084】本例では、面光源形成位置に、円形状の開口部を有する照明開口絞りSが配置されている。なお、この面光源形成位置は、後述する投影光学系4 B（PL）の瞳位置を共役であり、照明光学系の照明瞳と呼ばれる。なお、照明開口絞りの形状Sの開口部の形状は、輪帯形状であっても良い。このように、本例において、照明瞳における2次光源の光強度分布は、光軸を含む瞳中心領域での光強度が該瞳中心領域の周囲の領域よりも小さく設定される照明開口絞りSからの光は、面光源形成位置に前側焦点が位置決めされたコンデンサレンズ系17a, 17bにより集光され、レチクルRB上のパターン領域3 Bと相似形状である矩形状の開口部を有する照明視野絞り18を重畳的に照明する。

【0085】照明視野絞り18を通過した光束は、照明視野絞り18とレチクルRBのパターン面（ウエハW面）とを光学的に共役にする照明視野絞り結像光学系19a～19c、及び照明視野絞り結像光学系内に配置された光路折り曲げ鏡FL2を通過してレチクルRB上に達する。このとき、レチクルRB上には、照明視野絞り18の開口部の像である照明領域が形成される。

【0086】レチクルRBは、図1に示した例と同様に、レチクルホルダRHにより保持され、このレチクルホルダRHはレチクルステージRS上においてXY平面に平行に保持されている。図14のレチクルステージRSは、XY方向に移動可動に設けられると共に、Z軸を中心とする回転方向（ $\theta_z$ 方向）に回転可能に設けられており、この回転位置座標は、コーナーキューブ等からなる移動鏡11 Bを用いた干渉計12 Bにより計測される。また図示なき駆動部により、レチクルRBの回転位置制御がなされる。

【0087】レチクルRBに形成されたパターンからの光は、投影光学系4 B（PL）を介して、感光性材料が塗布されたウエハW上の露光フィールド内に、レチクルRB上のパターン領域3 B内のパターンの縮小像を形成する。なお、投影光学系4 B（PL）としては、前述の第1～第3実施例の何れかの投影光学系を適用できる。この投影光学系4 B（PL）の瞳位置近傍には、口径が可変の開口絞りASが配置されている。

【0088】ウエハW上は、図1の例と同様に、ウエハ

ホルダWHにより保持され、このウエハホルダWHは、XY平面内で移動可能なウエハステージWSに取り付けられている。このように、図14の例では、輪帯照明を用いてレチクル上のパターンをウエハ上に投影露光している。なお、このような投影露光装置は、例えば米国特許第5,530,518号に開示されており、本発明は当該米国特許第5,530,518号を援用する。

【0089】さて、本例の投影露光装置では、照明瞳における2次光源の光強度分布が光軸を含む瞳中心領域での光強度が該瞳中心領域の周囲の領域よりも小さく設定されているため、投影光学系を構成する光学素子の照射膨張を低減できるため、高い結像性能を維持することが可能である。

【0090】なお、照明瞳における2次光源の分布を輪帯形状とした場合においては、輪帯形状の光強度分布の外径に対する内径の比率を0.3~0.7の範囲に設定することが好ましい。ここで、上記範囲の下限値を超えると、輪帯形状の2次光源の内径が小さくなりすぎ、投影光学系の焦点深度及び解像力の向上を図ることが困難になる。一方、上記範囲の上限値を超えると、レチクル上では同じ線幅のパターンであってもレチクル上のパターンの周期性に有無によりウエハへ転写される線幅が異なる現象が生じ、レチクルパターンを忠実にウエハ上に転写することが困難となる。また、露光量変化に対する線幅の変化量が大きくなるため、所望の線幅のパターンをウエハ上に形成することが難しくなる。

【0091】本例においては、輪帯形状の光強度分布の外径に対する内径の比率、いわゆる輪帯比をほぼ1/3に設定しており、前述の実施例1~3の何れかにかかる投影光学系を用いることにより、ウエハW上で直径4.2mmのイメージフィールドにおいて、解像力0.35 $\mu$ mを達成することが可能である。従って、本例のステッパ1Bでは、直径4.2mmのイメージフィールドに内接する25mm $\times$ 33mmの露光フィールドに対して、解像力0.35 $\mu$ mのもとで一括露光を行うことが可能である。

【0092】なお、本例の投影露光装置では、コマ型プリズム15を用いることにより、実質的に光量ロス無く輪帯照明が行えるため、スループットの低下を招く恐れが少ない。次に、図12に示した露光システムにおける露光動作の一例について図15を参照して説明する。以下の説明では、クリティカルレイヤへの露光の後にミドルレイヤを露光する例を示している。ステップ11では、1ロットのウエハ上に金属膜を設ける。次のステップ12では、その1ロットのウエハ上の金属膜上に感光性材料としてのフォトリソレジストを塗布する。

【0093】その後、ステップ13において、図12の走査型露光装置1Aのウエハステージ5A上にウエハWを載置して、ウエハW上で露光フィールド6Aを単位として配列された多数のショット領域に、順次ステップ・

アンド・スキャン方式でレチクルRAのパターンの縮小像を露光する。しかる後、ステップ14において露光された1ロットのウエハ上のフォトリソレジストを現像し、ステップ15において、現像されたレジストパターンをマスクとして1ロットのウエハをエッチングする。これにより、クリティカルレイヤへの処理が終了する。

【0094】次に、ステップ16では、上記の1ロットのウエハ上に金属膜を設ける。その次のステップ17では、その1ロットのウエハ上の金属膜上に感光性材料としてのフォトリソレジストを塗布する。そして、ステップ18において、このウエハを図12のステッパ1Bのウエハステージ5B上に載置して、ウエハW上で露光フィールド6Bを単位として配列された多数のショット領域に、順次ステップ・アンド・リピート方式でレチクルRAのパターンの縮小像の一括露光を繰り返す。

【0095】その後、ステップ19において露光された1ロットのウエハ上のフォトリソレジストを現像し、ステップ20において、現像されたレジストパターンをマスクとして1ロットのウエハをエッチングする。これにより、ミドルレイヤへの処理が終了する。実際には、これらのクリティカルレイヤへの露光とミドルレイヤへの露光が繰り返されて、上のレイヤの回路パターンの形成が行われ、その結果、半導体デバイスが製造される。

【0096】なお、上述ではクリティカルレイヤへの露光の後にミドルレイヤを露光したが、その逆、すなわちミドルレイヤへの露光の後にクリティカルレイヤへの露光を行うこともある。この場合には、上述の説明において、走査型露光装置1Aによる露光とステッパ1Bによる露光とを入れ替えればよい。また、上述の例では、クリティカルレイヤ露光用の走査型露光装置1Aとミドルレイヤ露光用のステッパ1Bとを同じ投影倍率のものを用いたが、これらの投影倍率は異なってもかまわない。

【0097】また、上述の例では、クリティカルレイヤ露光用の走査型露光装置1Aの露光フィールド6Aとミドルレイヤ露光用のステッパ1Bの露光フィールド6Bとを同じ大きさ(25mm $\times$ 33mm)に設定したが、ミドルレイヤ露光用のステッパの露光フィールド6Bは、走査型露光装置1Aの露光フィールド6Aを包含する大きさであれば良い。また、ミドルレイヤ露光用のステッパ1Bの露光フィールド6Bは、25mm $\times$ 33mmには限定されず、例えば26mm $\times$ 33mmのような25mm $\times$ 33mmの領域を包含する露光フィールドであっても良い。

【0098】また、上述の例では、クリティカルレイヤ露光用の走査型露光装置1Aのスリット状の露光領域は、25mm $\times$ 8mmに限られず、例えば25mm $\times$ 6mmや26mm $\times$ 6mm等であっても良い。

【0099】ところで、上述の各実施例では、半導体素子の製造に用いられる投影露光装置に本発明を適用して

いる。しかしながら、半導体素子の製造に用いられる露光装置だけでなく、液晶表示素子などを含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられる、デバイスパターンをセラミックウエハ上に転写する露光装置、撮像素子（CCDなど）の製造に用いられる露光装置などにも本発明を適用することができる。また、レチクルまたはマスクを製造するためにガラス基板またはシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも、本発明を適用することができる。

【0100】なお、本発明は上述の実施の形態に限定されることがなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることはいうまでもない。

#### 【0101】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、両側テレセントリックとしながらも、使用する硝材の吸収による結像性能の低下を抑えた上、大きな開口数と広い露光領域とを確保しつつ、諸収差、特にディストーションを極めて良好に補正し得るコンパクトで高性能な投影光学系を提供できる。また、本発明の投影露光装置によれば、上記投影光学系を備えているため、マスクや基板に反りがあっても基板上に高い解像度でマスクパターン像を転写できる利点がある。また、本発明の投影光学系は露光領域が広いため、極めて微細な回路パターンを基板上の広い露光領域に形成することが可能となる。さらに、本発明の半導体デバイス製造方法によれば、マスクや基板に反りがある場合でも高性能なデバイスの製造が可能となり、また、投影光学系の露光領域が広いため、大きなデバイスを高いスループットで製造できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例にかかる投影光学系を備える投影露光装置の構成を示す図である。

【図2】第1実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図3】第1実施例にかかる投影光学系の縦収差を示す図である。

【図4】第1実施例にかかる投影光学系の横収差を示す図である。

【図5】第2実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図6】第2実施例にかかる投影光学系の縦収差を示す図である。

【図7】第2実施例にかかる投影光学系の横収差を示す図である。

【図8】第3実施例にかかる投影光学系のレンズ構成を示す図である。

【図9】第3実施例にかかる投影光学系の縦収差を示す図である。

【図10】第3実施例にかかる投影光学系の横収差を示す図である。

す図である。

【図11】各実施例にかかる投影光学系を用いる半導体デバイス製造方法のフローを示す図である。

【図12】第5実施例にかかる投影システムを示す図である。

【図13】Aは第5実施例における走査型露光装置1Aによるイメージフィールド、Bは第5実施例におけるステッパー1Bによるイメージフィールドを示す図である。

【図14】ステッパー1Bの構成を示す図である。

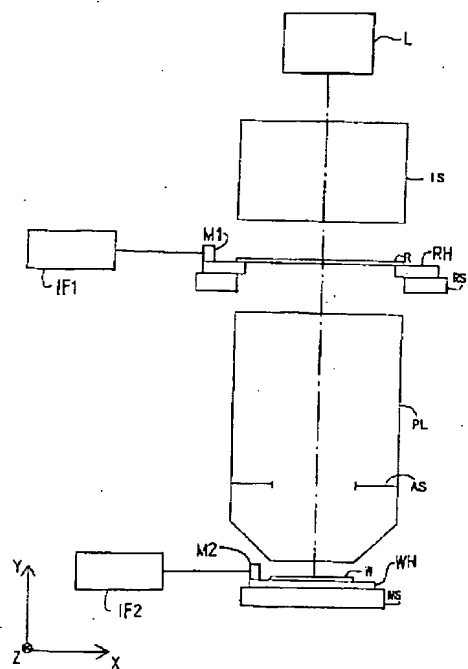
【図15】第5実施例にかかる露光システムにおける露光動作の一例を示す図である。

#### 【符号の説明】

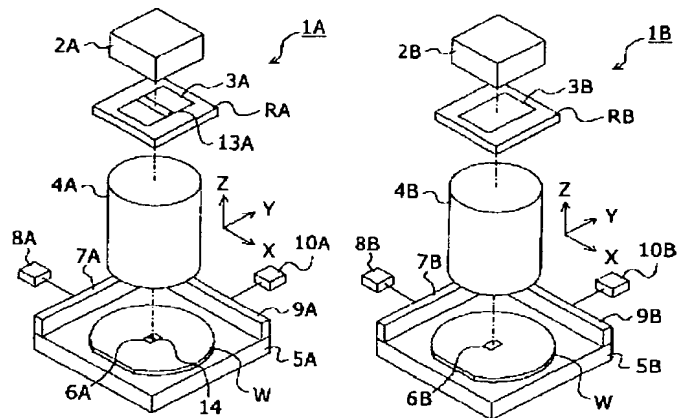
G1 第1レンズ群  
G2 第2レンズ群  
G3 第3レンズ群  
G4 第4レンズ群  
G5 第5レンズ群  
R レチクル  
W ウエハ  
AS 開口絞り  
L 光源  
IS 照明光学系  
RH レチクルホルダ  
RS レチクルステージ  
M1, M2 移動鏡  
IF1, IF2 干渉計  
PL 投影光学系  
WH ウエハホルダ  
WS ウエハステージ  
2A, 2B 照明光学系  
3A, 3B パターン領域  
RA, RB レチクル  
4A, 4B 投影光学系  
5A, 5B ウエハステージ  
6A, 6B 露光フィールド  
7A, 7B, 9A, 9B 移動鏡  
8A, 8B, 10A, 10B レーザ干渉計  
FL11, FL2 光路折り曲げ鏡  
11 楕円鏡  
13 シャッタ  
14 インプットレンズ  
15 コマ型プリズム  
16 フライアイレンズ  
17a, 17b コンデンサレンズ  
18 照明視野絞り  
19a~19c 照明視野絞り結像光学系  
RB レチクル  
4B 投影光学系



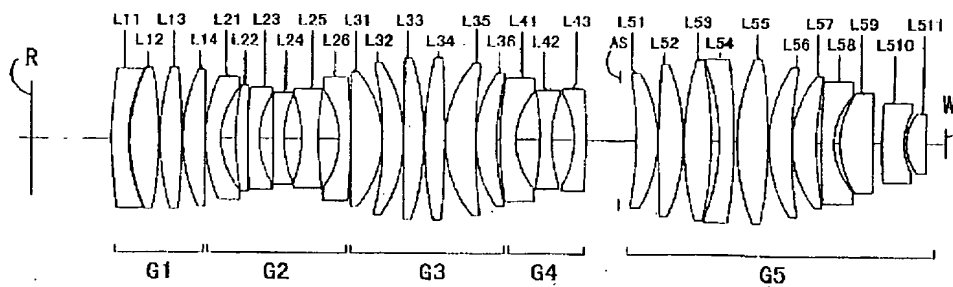
【図1】



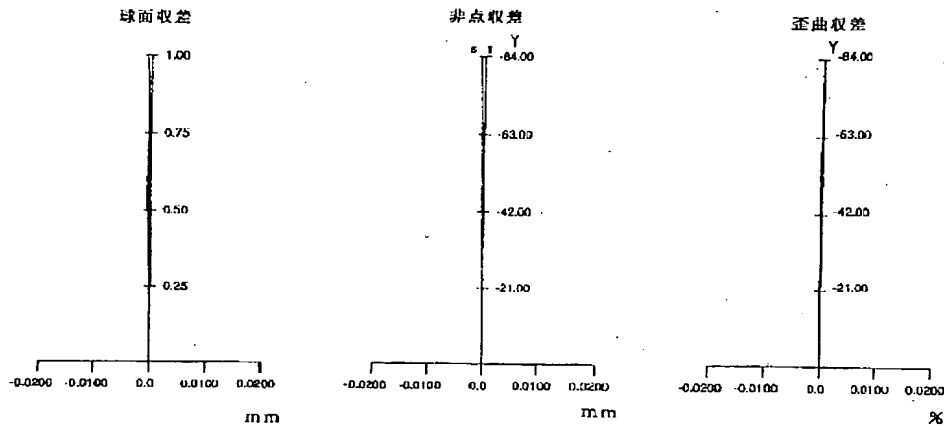
【図12】



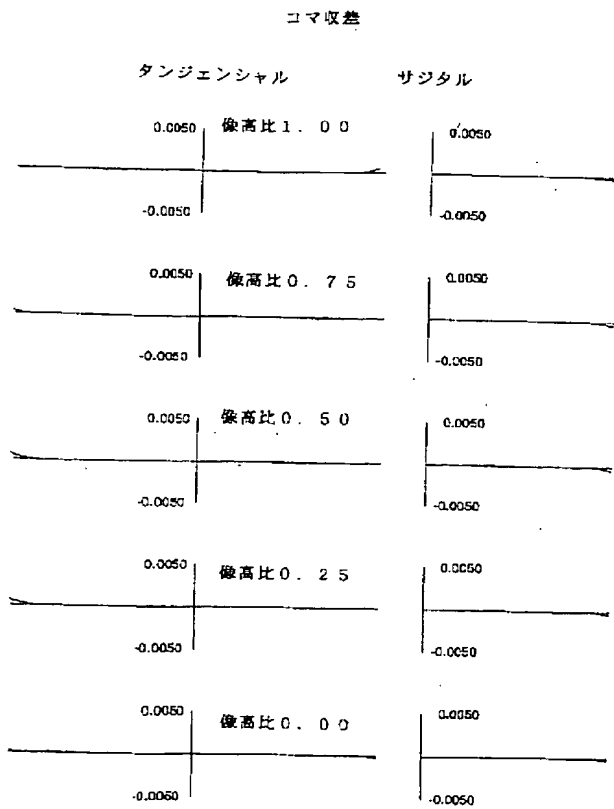
【図2】



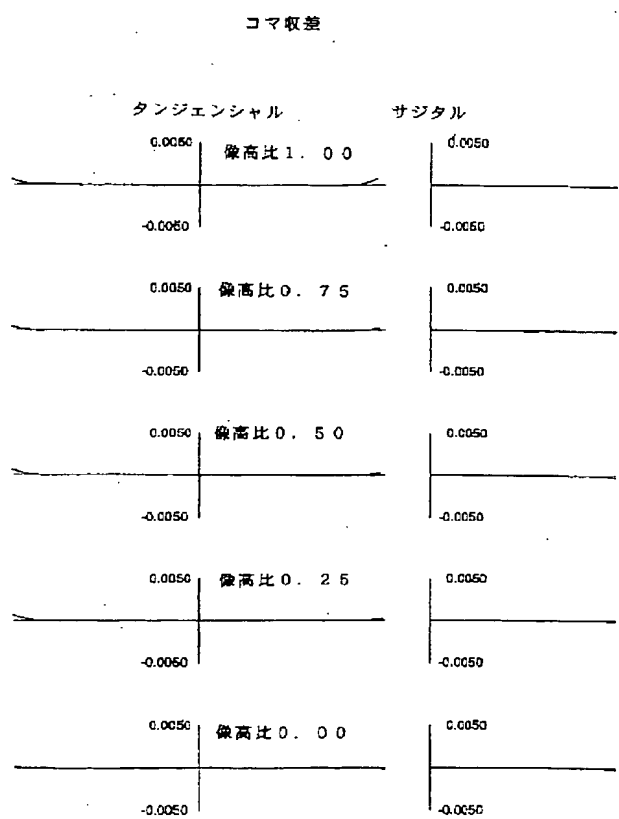
【図3】



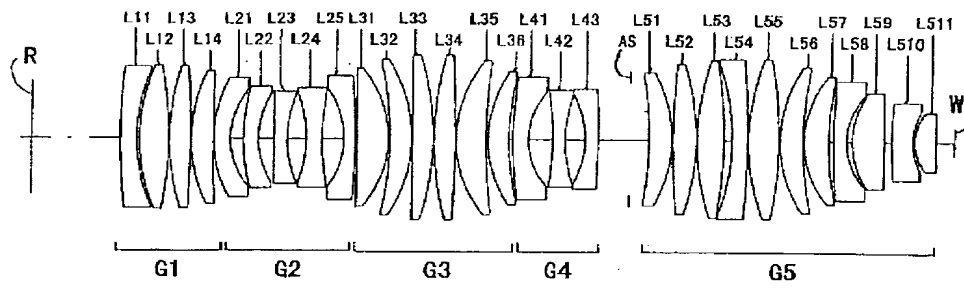
【図4】



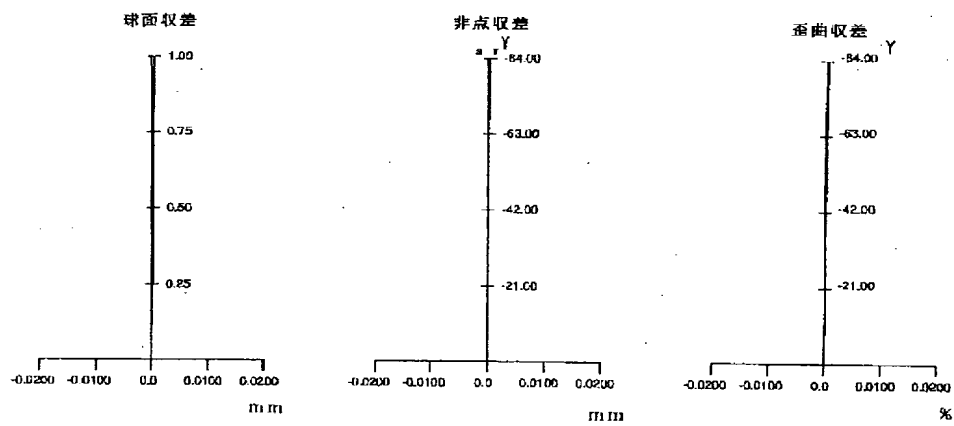
【図7】



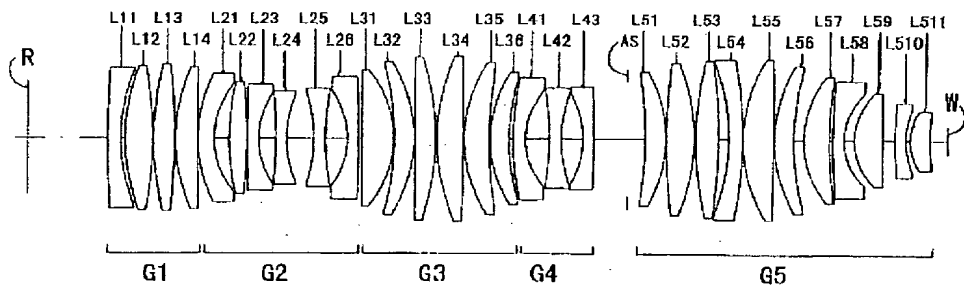
【図5】



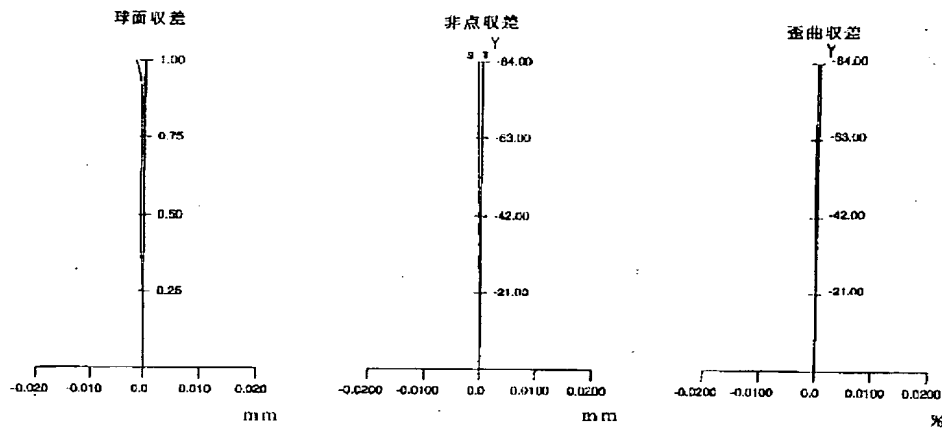
【図6】



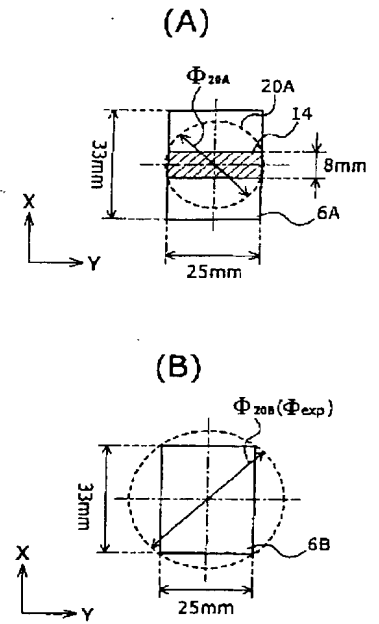
【図8】



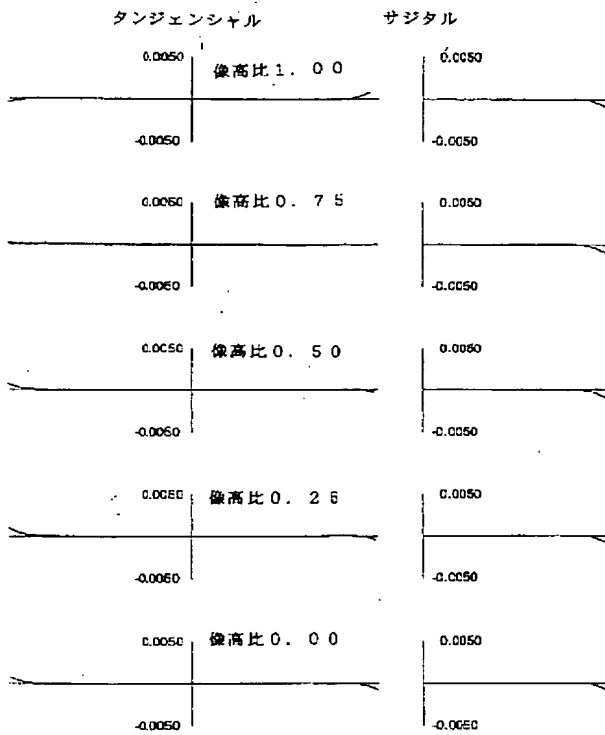
【図9】



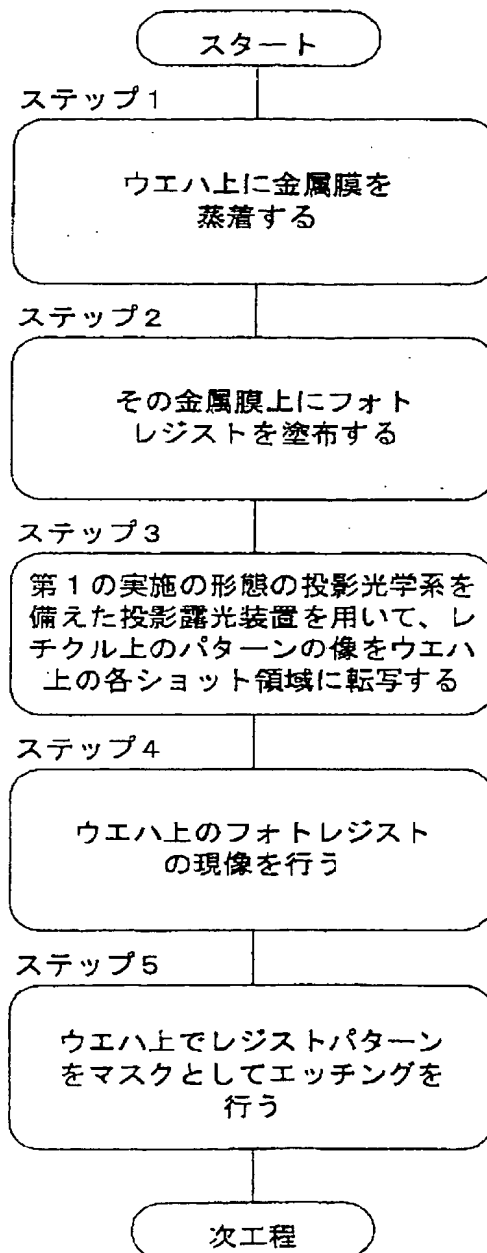
【図13】



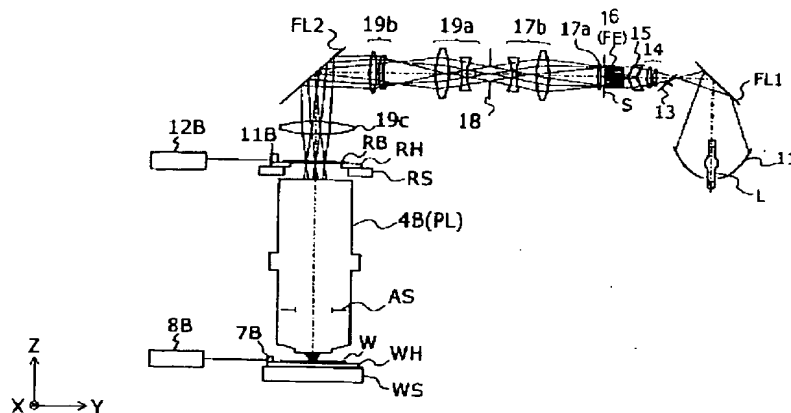
【図10】



【図11】



【図14】



【図15】

